

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-283970

(43) 公開日 平成4年(1992)10月8日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup> H 0 1 L 31/10	識別記号 8422-4M	庁内整理番号 H 0 1 L 31/ 10	F I	技術表示箇所 G
---	-----------------	--------------------------	-----	-------------

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平3-46475

(22) 出願日 平成3年(1991)3月12日

(71) 出願人 000236436

浜松ホトニクス株式会社

静岡県浜松市市野町1126番地の1

(72) 発明者 堀口 千代春

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(72) 発明者 鈴木 伊久夫

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(72) 発明者 天野 哲夫

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

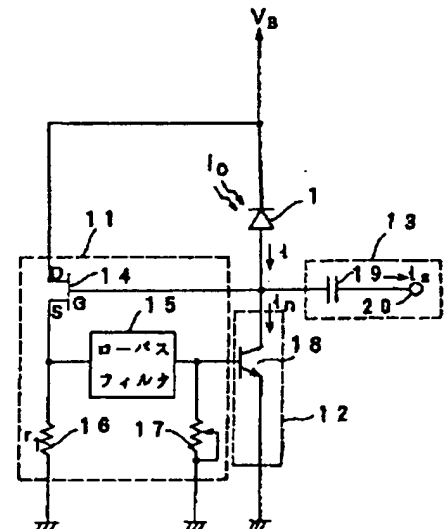
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 受光回路

(57) 【要約】

【目的】 直流成分及び交流成分のいずれも含む外乱光電流を信号光電流から完全に分離することができる受光回路を提供することを目的とする。

【構成】 ホトダイオード1で発生する光電流 $i$ は、特定周波数で変調された光信号 $I$ に基づく信号光電流 $i$ 、と直流成分及び交流成分を含む外乱光電流 $i$ 、とが互いに重畳されたものとなっている。電流抜取手段12の入力側電位すなわちNPNトランジスタ18のコレクタ電位は、外乱光電流 $i$ 、及び信号光電流 $i$ 、の双方を含む光電流 $i$ の変化に応じて変化する。この電位変化は制御信号生成手段11に入力されるが、ここで、信号光の変調周波数を制御信号生成手段11のローパスフィルタ15のカットオフ周波数 $f$ 、よりも高く設定しておくと、外乱光電流 $i$ 、に基づく電位変化のみに基づいて電流抜取手段12に対する制御信号が生成される。電流抜取手段12では、この制御信号に応じた電流を光電流 $i$ から抜き取ることになるが、その抜き取った電流が外乱光電流 $i$ 、に相当するため、信号光電流 $i$ 、のみが出力される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光量に応じた光電流を出力する光電変換素子と、前記光電流から制御信号に応じた量の電流を抜き取る手段と、前記電流抜き取手段の入力側電位を検出し、その電位変化信号の所定周波数以下の成分にしたがって変化する信号を前記制御信号として出力する制御信号生成手段とを備えた受光回路。

【請求項2】 請求項1に記載の受光回路において、制御信号生成手段は電流抜き取手段の入力側電位に応じて電流が変化する電圧制御型能動素子と、この電圧制御型能動素子の出力電流を電圧に変換する手段と、この電流電圧変換手段の出力信号の所定周波数以下の成分のみを通過させる低域通過フィルタとを備え、前記低域通過フィルタの出力信号を制御信号として電流抜き取手段に与えることを特徴とする受光回路。

【請求項3】 請求項2に記載の受光回路において、電圧制御型能動素子が電界効果トランジスタであり、電流抜き取手段が制御信号をベース入力とするバイポーラトランジスタまたは制御信号をゲート入力とする電界効果トランジスタであることを特徴とする受光回路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ホトダイオード等の光電変換素子を含む受光回路に関するものであり、特に、交流成分を含む外乱光の影響を除去することができる受光回路に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 ホトダイオードから出力される光電流は一般に微弱な場合が多く、電流を電圧値に変換（I-V変換）する等の、いわゆるインピーダンス変換によって回路系における浮遊容量の影響を受け難くしている。I-V変換の方法としては図5に示すようなオペアンプを\*

$$i = i_s + i_r$$

… (2)

また、ホトダイオード1のアノード-グラウンド間の抵抗成分 $R_0$ は(3)式で与えられる。

$$R_0 = \{ R_{1-v} (1 + j\omega C_1 R) \} / \{ 1 + j\omega C_1 (R + R_{1-v}) \}$$

… (3)

ただし、 $j\omega$ は複素表示による角周波数

★れる。

(3)式より、ホトダイオード1におけるアノード部の電圧を $V(f)$ とすると、 $V(f)$ は(4)式で与えら★40

$$V(f) = i \cdot R_0$$

$$= \{ i R_{1-v} (1 + j\omega C_1 R) \} / \{ 1 + j\omega C_1 (R + R_{1-v}) \}$$

… (4)

(4)式において、DC光電流成分 $i_s$ について考慮すると、 $\omega = 0$ の時のみ有効となるから、この $i_s$ による☆

$$V_s = i_s R_{1-v}$$

… (5)

これに対して、特定周波数 $f$ で変調された信号光のAC光電流成分 $i_r$ による電圧 $V_r$ は、 $\omega = 2\pi f$ とおくこ

$$V_r = \{ i_r R_{1-v} (1 + j2\pi f C_1 R) \} / \{ 1 + j2\pi f C_1 (R + R_{1-v}) \}$$

… (6)

\*用いる方法が一般的である。同図において、逆バイアス電圧 $V_r$ がカソード側に印加されているホトダイオード1の受光部に強度 $I_0$ の光が入射するものとし、これにより、ホトダイオード1で生成された光電流を $i$ 、オペアンプのフィードバック抵抗を $R_1$ とすると、出力電圧 $V_{oc}$ は(1)式で与えられる。

$$[0003] V_{oc} = -R_1 \times i$$

(1)

このI-V変換法は、入射光強度 $I_0$ が全て信号成分である場合には有効であるが、信号光以外の外乱光が重畳されている使用条件においては、出力電圧 $V_{oc}$ に外乱光成分が含まれてしまい、信号光成分との区別ができなくなるという問題があった。

【0004】 図6に示す回路は、この問題を解決するために考え出されたものである。ホトダイオードで生成される光電流 $i$ のうち、信号光成分を $i_s$ 、外乱光成分を $i_r$ とすると、一般の使用条件において最も強い外乱光は太陽光であり、 $i_r \gg i_s$ という使用条件は頻繁に起こり得る。しかし、太陽光の入射によって生成された光電流 $i_r$ は、短い時間内においては一定の値(DC成分)を保ち、信号光を特定の周波数で変調すれば信号光成分(AC成分)を取り出すことができる。

【0005】 図6に示す回路は、ホトダイオード1で生成された光電流 $i$ をI-V変換抵抗 $R_{1-v}$ で電圧に変換し、コンデンサ $C_1$ と抵抗 $R$ で構成されたハイパスフィルタにより、太陽光によるDC電圧成分をカットし、特定周波数 $f$ で変調された信号光によるAC電圧成分( $V_{ac}$ )を取り出すものである。生成された光電流 $i$ に対して、DC光電流成分( $i_s$ )、AC光電流成分( $i_r$ )との関係は(2)式になる。

【0006】

※【0007】

【0008】

☆電圧 $V_r$ は(5)式になる。

【0009】

とにより与えられ、(6)式になる。

【0010】

3

したがって、(5)式及び(6)式を用いてホトダイオ

$$\begin{aligned} V(f) &= V_i + V_r \\ &= i_s R_{1-r} \\ &\quad + \{i_s R_{1-r} (1 + j 2 \pi f C_1 R)\} / \{1 + j 2 \pi f C_1 \\ &\quad (R + R_{1-r})\} \end{aligned} \quad \dots (7)$$

となる。(7)式において、コンデンサ $C_1$ によりDC電圧成分 $V_i$ は除去され、AC電圧成分 $V_r$ が伝達されることになる。したがって、電圧成分 $V_r$ がコンデンサ $C_1$ と抵抗 $R$ からなるハイパスフィルタの入力電圧となり、この入力電圧 $V_r$ によって $C_1$ と $R$ に流れる電流が\*10

$$V_{1c} = j 2 \pi f C_1 R R_{1-r} i_s / \{1 + j 2 \pi f C_1 (R + R_{1-r})\} \quad \dots (8)$$

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかし、図6に示す交流結合によるI-V変換を利用する回路では、外乱光が太陽光等のDC成分のみである場合に限り、信号成分との分離が可能となる。しかし、蛍光灯やタングステンランプ等で照明されている室内での使用条件においては、外乱光は交流成分を含んでいるため、外乱光により光電流もコンデンサ $C_1$ を通過し、特定周波数で変調された信号成分の出力電圧に重畳されてしまうという問題があった。

【0013】本発明の課題は、太陽光下であっても室内照明下であっても信号成分を正確に取り出せる受光回路を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】そのために本発明の受光回路は、光量に応じた光電流を出力する光電変換素子に対して、光電流から制御信号に応じた量の電流を抜き取る手段と、その電流抜き取手段の入力側電位を検出し、その電位変化信号の所定周波数以下の成分にしたがって変化する信号を制御信号として出力する制御信号生成手段とを備えたものである。

【0015】

【作用】光電変換素子で発生する光電流 $i$ は、特定周波数で変調された光信号に基づく信号光電流 $i_s$ と直流成分及び交流成分を含む外乱光電流 $i_r$ とが互いに重畳されたものとなっている。電流抜き取手段の入力側電位は、外乱光電流 $i_r$ 及び信号光電流 $i_s$ の双方を含む光電流 $i$ の変化にตอบสนองして変化する。この電位変化は制御信号生成手段に入力されるが、ここで、信号光の変調周波数を制御信号生成手段において予め定められた所定周波数よりも高く設定しておく、外乱光電流に基づく電位変化のみに基づいて制御信号が生成される。電流抜き取手段では、この制御信号に応じた電流を光電流 $i$ から抜き取ることになるが、その抜き取った電流が外乱光電流 $i_r$ に相当するため、信号光電流 $i_s$ のみが出力される。

【0016】

【実施例】図1は本発明の一実施例である受光回路を示す図である。光電変換素子であるホトダイオード1のカ

4

ード1におけるアノード部の電圧 $V(f)$ を表すと、

\*決まり、その電流値と抵抗 $R$ によって電圧値 $V_{1c}$ が決まる。すなわち、 $V_{1c}$ は(8)式で与えられ、出力端子2から得られる。

【0011】

ソードには逆バイアス電圧 $V$ が印加されている。ホトダイオード1のアノード側には制御信号生成手段11と電流抜き取手段12と出力回路13が接続されている。制御信号生成手段11はNチャネル電界効果トランジスタ14、ローパスフィルタ15、抵抗16、および可変抵抗17で構成されており、電流抜き取手段12はNPNトランジスタ18で構成されており、出力回路13はコンデンサ19および出力端子20で構成されている。制御信号生成手段11についてはNチャネル電界効果トランジスタ14のゲートが、電流抜き取手段12についてはNPNトランジスタ18のコレクタが、出力回路13についてはコンデンサ19の片側電極がそれぞれホトダイオード1のアノードに接続されている。

【0017】Nチャネル電界効果トランジスタ14のドレインは逆バイアス電圧 $V$ に接続されており、ソースは抵抗値 $r_1$ の抵抗16を介して接地されている。Nチャネル電界効果トランジスタ14と抵抗16の接続点にはローパスフィルタ15の入力端子が接続されており、ローパスフィルタ15の出力端子はNPNトランジスタ18のベースに接続されている。NPNトランジスタ18のエミッタは接地されており、そのベースとローパスフィルタ15の出力端子との接続点には片側接地された可変抵抗17が接続されている。

【0018】つぎに、本実施例の動作を説明する。まず、信号光成分が入射していない状態を想定し、DC成分およびAC成分を含む外乱光がホトダイオード1の受光面に入射して生成された外乱光電流を $i_r$ とする。このとき、もしNPNトランジスタ18がオフ状態になっていれば、コレクタ電位はNPNトランジスタ18のオフ抵抗値 $R_{off}$ と外乱光電流 $i_r$ との積( $i_r \times R_{off}$ )の値まで上昇する。これにともないNチャネル電界効果トランジスタ14のゲート・ソース間電圧 $V_{gs}$ がNPNトランジスタ18のコレクタ電位と等しくなり、ドレイン・ソース間に $V_{gs}$ の値に対応したドレイン電流が流れる。このドレイン電流の値に応じて抵抗16には電圧が発生し、これによりローパスフィルタ15の入力側電位が上昇する。この電圧は、ローパスフィルタ15の出力端に伝達されNPNトランジスタ18のベ

ス電位を持ち上げる。NPNトランジスタ18では、このベース電位に対応したコレクタ電流 $I_c$ が流れ、外乱光電流 $i_l$ を抜き取ることになる。外乱光電流 $i_l$ が抜き取られると、NPNトランジスタ18のコレクタ電位が下がり、これにともないNチャネル電界効果トランジスタ14のゲート電位が下がってそのドレイン電流が小さくなる。するとローパスフィルタ15の入力電圧が下がり、ローパスフィルタ15を伝達してNPNトランジスタ18のベース電位が下がる。このループ動作によりある平衡状態に集束する。なお、可変抵抗17はNPNトランジスタ18の動作点を調整するためのものであり、外乱光電流 $i_l$ に対して制御する最小値を設定することができる。また、ローパスフィルタ15のカットオフ周波数 $f_c$ は、外乱光電流 $i_l$ に含まれる最高周波数よりもやや大きく設定しておく、DC成分を含めて外乱光電流 $i_l$ は全てNPNトランジスタ18により抜き取ることができる。

【0019】つぎに、信号光を入射したときの動作を説明する。ここで重要なことは、信号光の変調周波数 $f_m$ はローパスフィルタ15のカットオフ周波数 $f_c$ より高く設定することである。 $f_m > A \cdot f_c$ （ただし、 $A$ は定数）で示される定数 $A$ の値は、用いられるローパスフィルタ15の減衰特性により異なり、1次のローパスフィルタであれば少なくとも $A \geq 10$ に設定しておく必要がある。変調周波数 $f_m$ に設定された信号光がホトダイオード1の受光面に入射し、これによって生成された信号光電流を $i_s$ とすると、NPNトランジスタ18は変調周波数 $f_m$ には応答せず、信号光電流 $i_s$ はNPNトランジスタ18のコレクタに流れ込むことができない。これは、信号光電流 $i_s$ によるNPNトランジスタ18のコレクタ電位の変化がローパスフィルタ15を伝達することができないからである。信号光電流 $i_s$ はコンデンサ19を通過し、出力端子20に電流のまま出力される。出力端子20に図5に示すオペアンプを接続すれば、オペアンプの出力端子に(9)式で示す電圧値( $V_o$ )が出力される。

$$V_o = r_i \cdot I_o \quad \dots (10)$$

また、ローパスフィルタ15のカットオフ周波数 $f_c$ は(11)式で与えられる。

$$\text{カットオフ周波数 } f_c = 1 / 2\pi C_1 r_i \quad \dots (11)$$

(11)式で与えられるカットオフ周波数 $f_c$ は図1の実施例と同様に外乱光電流 $i_l$ に含まれる周波数成分の最高値よりやや高い値に設定し、これに対応するように $r_i$ と $C_1$ の値を選定する。これにより、外乱光電流 $i_l$ の周波数成分がローパスフィルタ15を全て通過し、この周波数成分によりNPNトランジスタ18のベース・エミッタ間電圧が制御される。したがって、外乱光電流 $i_l$ の全てをNPNトランジスタ18のコレクタ電流として抜き取る事ができる。一方、信号光の変調周波数 $f_m$ をカットオフ周波数 $f_c$ よりも十分に高く設定して

\*【0020】

$$V_o = \pm i_l \cdot R_i / 2 \quad \dots (9)$$

ホトダイオード1で生成される信号光電流 $i_s$ は常に正の値になるが(9)式で与えられる場合、コンデンサ19を介しているため、正負両符号に変化し、出力電圧 $V_o$ も正負両方の値を持つ。また、図5に示すオペアンプは反転入力になっており、出力電圧の位相は180度シフトする。なお、出力端子20に片側接地されたI-V変換抵抗 $R_i$ を接続すると電圧値として $V_o = \pm i_l \cdot R_i / 2$ が得られ、この場合、位相はシフトしない。

【0021】図2はより具体的な実施例を示す回路図である。この実施例では、ホトダイオード1のカソード側に電源安定化回路21を備えている。電源安定化回路21は片側がプラス電源(+V)に接続された抵抗値 $r_1$ の抵抗22と片側接地された容量 $C_2$ のコンデンサ23を備え、これにより、ホトダイオード1に対する逆バイアス電圧の安定化が図られている。同様に制御信号生成手段11内のNチャネル電界効果トランジスタ14に対して安定なドレイン電圧を与えるために、抵抗値 $r_2$ の抵抗25及び容量 $C_3$ のコンデンサ26からなる電源安定化回路24が設けられている。また、抵抗値 $r_3$ の抵抗27及び容量 $C_4$ のコンデンサ28でローパスフィルタ15が構成されており、可変抵抗17に代えて抵抗値 $r_4$ の固定抵抗30が設けられている。

【0022】この受光回路が安定な平衡動作状態にあるとき、Nチャネル電界効果トランジスタ14にはホトダイオード1で生成された全光電流 $i_t (= i_s + i_l)$ に対応したドレイン電流が流れている。ここで、抵抗16及び抵抗27の間に $r_1 \ll r_3$ の条件を設定すると、Nチャネル電界効果トランジスタ14のドレイン電流 $I_d$ はほとんど抵抗16に流れ込む。このとき、抵抗16の両端間に発生する電圧 $V_o$ は(10)式で与えられる。

【0023】

\*【0024】

おくと、変調周波数 $f_m$ の成分がローパスフィルタ15で全てカットされるため、これに基づいてNPNトランジスタ18のベースエミッタ間電圧が影響を受けることなく、信号光電流 $i_s$ はNPNトランジスタ18のコレクタに流れ込まない。それゆえ、信号光電流 $i_s$ はコンデンサ19を通過し、出力端子20にそのまま出力される。

【0025】なお、この実施例では、NPNトランジスタ18の動作点の設定に固定抵抗30が用いられており、ベース・エミッタ間電圧 $V_{be}$ は(12)式で近似さ

れる。

$$V_b = r_s V_o / \{ (1 + r_s / j\omega C_1) r_s + r_s \} \quad \dots (12)$$

ただし、実際にはNPNトランジスタ18において、ベース・エミッタ間にはベース電流が流れるため、(12)式で求まるベース・エミッタ間電圧 $V_b$ よりも若干小さくなる。また、この実施例では、図1の実施例と異なり、NPNトランジスタ18のエミッタ、抵抗16、30の片側端子、及びコンデンサ28の片側端子はマイナス電源(-V)に接続されている。マイナス電源まで拡張された分だけ、光電流の飽和領域を拡大できること

【0026】

\*【0027】つぎに、出力端子20にオペアンプあるいはI-V変換抵抗 $R_{1-v}$ を接続して電流-電圧変換を行う際のコンデンサ19の容量 $C_1$ の選定方法について説明する。出力端子20に接続されるインピーダンスを $R$ とすると、このインピーダンス $R$ とコンデンサ19によって一次のハイパスフィルタが形成されることになる。このカットオフ周波数 $f_{co}$ は(13)式になる。

【0028】

$$\dots (13)$$

光電流のみを正確に取り出すことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例である受信回路を示す回路図。

【図2】本発明の他の実施例を示す回路図。

【図3】電流抜取手段としてPNPトランジスタを用いた実施例を示す回路図。

【図4】制御信号生成手段の構成要素であるローパスフィルタを電界効果トランジスタのゲート側に配置した実施例を示す回路図。

【図5】ホトダイオードのアノードにオペアンプを用いたI-V変換回路が接続された従来回路を示す回路図。

【図6】ホトダイオードのアノードに交流結合によるI-V変換回路が接続された従来回路を示す回路図。

【符号の説明】

- 1…ホトダイオード
- 11…制御信号生成手段
- 12…電流抜取手段
- 13…出力回路
- 14…Nチャネル電界効果トランジスタ
- 15…ローパスフィルタ
- 16、22、25、27、30、31、33…抵抗
- 17…可変抵抗
- 18…NPNトランジスタ
- 19、23、26…コンデンサ
- 20…出力端子
- 21、24…電源安定化回路

すなわち、信号光の変調周波数 $f$ がカットオフ周波数 $f_{co}$ より小さい条件( $f < f_{co}$ )の場合、一次のハイパスフィルタの減衰特性に対応して、信号光電流 $i_s$ が減衰してしまうため、少なくとも $f > f_{co}$ の条件が成り立つようにコンデンサ19の容量 $C_1$ を選定する必要がある。

【0029】図3は、電流抜取手段12にPNPトランジスタ32を用いた実施例を示す回路図である。PNPトランジスタ32のコレクタが接地され、エミッタがホトダイオード1のアノードに接続されている。図1の実施例と比較すると、電流抜取手段12として用いられるトランジスタがNPN型からPNP型に置き換えられたことにより、抵抗16の接続位置がNチャネル電界効果トランジスタ14のドレイン側になっている。その他の構成は図1と同じである。

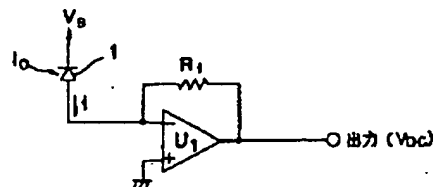
【0030】図4は、図3の実施例を基本としてローパスフィルタ15の位置を換えたものである。この実施例では、ホトダイオード1のアノードとNチャネル電界効果トランジスタ14との間にローパスフィルタ15が配置されている。

【0031】なお、電流抜取手段12としては、上記各実施例のようなバイポーラトランジスタに限定されるものではなく、電界効果トランジスタでもかまわない。

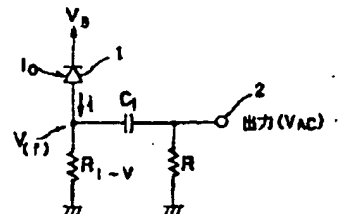
【0032】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の受光回路によれば、直流成分及び交流成分のいずれも含む外乱光電流を信号光電流から完全に分離することができ、信号

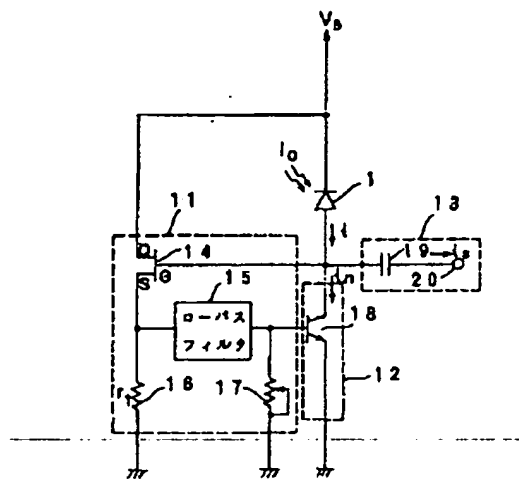
【図5】



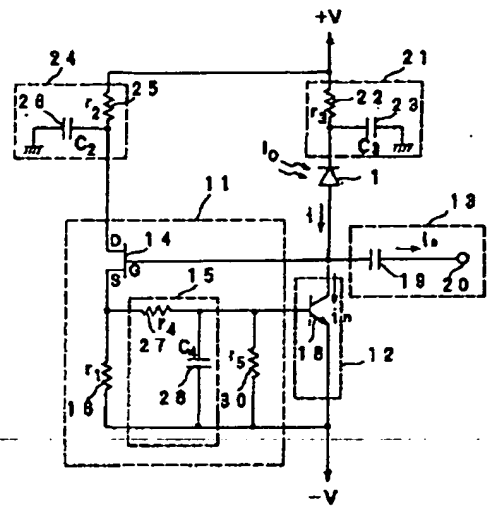
【図6】



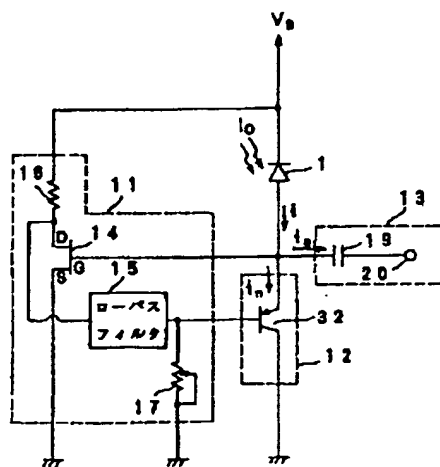
【図1】



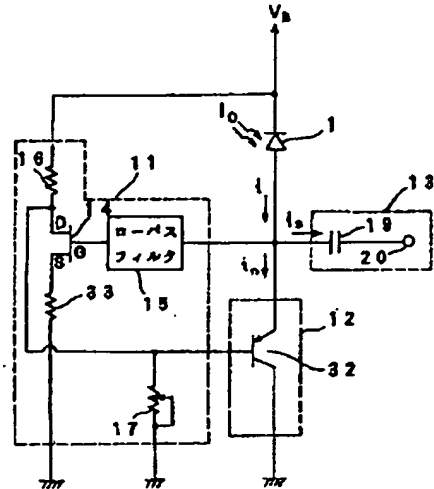
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 倉沢 一男  
静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内